

円筒金網およびチェーンを用いた補強土の耐震解析

肥後 陽介*

1. 研究の目的

地震によって被害を受けた斜面や盛土の早期災害復旧工法として、施工性に優れた円筒金網とチェーンを用いた補強土工法が開発されてきた。新工法である本工法は実績を積んでいる段階にあるため、地震時挙動を把握する事を目的に詳細動的解析法による検討を実施した。実験によって明らかにされたチェーンと支圧板の補強効果を可能な限り忠実に解析に再現し、レベルⅡ相当の地震動を受けた際の地震時挙動を解析した。

2. 研究の方法

1) 円筒金網とチェーンを用いた補強土工法の概要

円筒金網の内部は締め固めた土で充填されている。チェーンは両端に支圧板を有しており、片方は円筒金網内部、もう一方は補強盛土内に固定する。チェーンはモーメントフリーで引張り力に対し大きな抵抗力を有し、またその形状ゆえ土との間には大きな支圧力が発生する。既往の実物大実験から、摩擦力に換算すると同外径の丸鋼と比較すると約3倍強の摩擦力を発現することが確認されている。また支圧板を加えることで、その引き抜き抵抗によってチェーン単体に比べて高い補強効果が期待できる。

2) 解析手法と補強材のモデル化

固相、液相、気相の相互作用を考慮した、LIQCA-SF13¹⁾を用いた。支配方程式は三相各々の運動方程式と質量保存則から成る。空気相はその高圧縮性から連続式について常時成立とする簡易三相系で定式化している。応力変数には骨格応力、構成式にはサクションを考慮した砂の繰返し弾塑性構成式を用いている。補強材として用いられるチェーンと支圧板の効果はジョイント要素によって表現し、両者の剛性・強度を個別に与えることで正確なモデル化を図った。チェーンの摩擦力は上下の土要素による拘束圧に依存する。30kN/m²、90kN/m²、150kN/m²下で行ったチェーンの引き抜き試験結果を基に、90kN/m²時の剛性を $K_s(90)$ としてチェーン部分のジョイント要素のせん断剛性を $K_s = K_s(90) (\sigma_N/90)^{0.6}$ と近似した。c, ϕ は試験から得た残留応力により決定した。また、 σ_N は構成式中でダイレイタンスの影響を考慮している。支圧板の引き抜き試験結果より応力-ひずみの関係はバイリニア関係となる。また、円筒内部の支圧板の方が外部のそれよりも支圧効果が高い。そこで、安全側として、円筒外部における劣化後の直線から評価した値をジョイント要素の剛性に採用した。実験において支圧板の効果は完全に塑性化することはなかったため、弾性ジョイントとした。

3. 得られた成果

円筒金網およびチェーンによる補強土の解析モデルを作成し、地震時の挙動を解析的に検討した。図1に解析モデル図を示す。硬質な地山に建設された10段の円筒金網とチェーンによる補強盛土を想定した。地山は弾性体を仮定し、補強盛土は弾塑性体とした。弾塑性体には淀川堤防砂のパラメータを用いた。チェーン-土間のジョイント要素には鉛直応力90kN/m²時のせん断剛性29.3MN/m²、支圧板-土間のジョイント要素には36.3MN/m²をそれぞれ入力した。また、円筒金網の剛性は十分に大きいことから円筒要素の4隅の節点に等変位境界を仮定した。円筒間は剛結されず、土なりに滑ると考え、薄い土の要素を設置した。入力地震動には1995年兵庫県南部地震のポートアイランドのアレー観測結果からGL-32mのNS成分を用いた(図2)。

図3に20秒後の変形ベクトル図を示す。盛土上段の補強材境界部付近で相対的に大きな変形が見られる。特に変形が大きかった節点において、天端付近の応答加速度が1000gal以上に増幅した。

* 京都大学大学院工学研究科・准教授

また、鉛直変位は時間と共に進行し、7cm 程度の沈下が発生した。

図 4 に 20 秒後のせん断ひずみ分布図を示す。補強箇所では、チェーン付近（ビーム要素）、各締め層間でひずみがやや大きい。これは、土と補強材の間の滑りが発生したためである。一方、非補強箇所では、地山との境界にひずみが集中している。また、補強箇所と非補強箇所の境界にも比較的大きなせん断ひずみが見られた。

円筒金網とチェーンを用いた補強盛土の動的解析を行い、地震時の変形モードを明らかにした。定量的評価には地盤材料特性や三次元効果の正確な把握など多くの労力が必要となるが、本研究で得た変形モードのような定性的評価には、解析による検討が有効である。今後は、模型実験等との比較を通して解析の妥当性を検証すると共に、補強材の設置条件の影響等を検討していく。

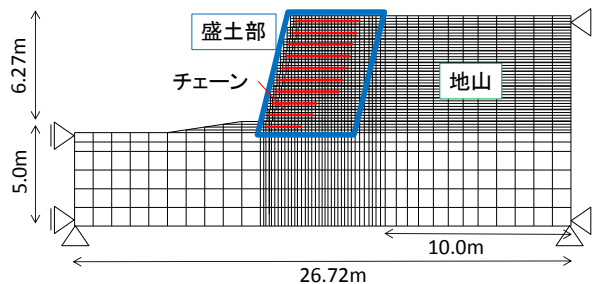


図 2 解析モデル図

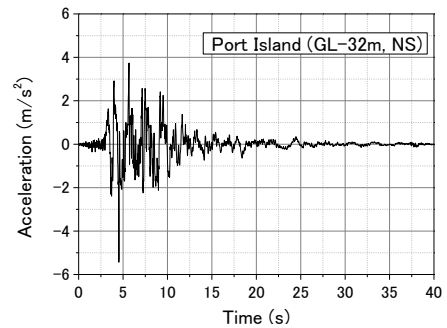


図 3 入力地震動

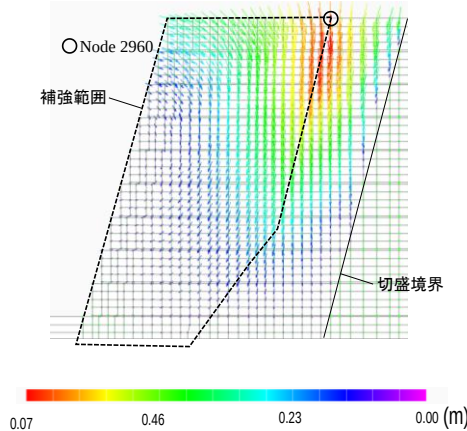


図 3 20 秒後の変形ベクトル図

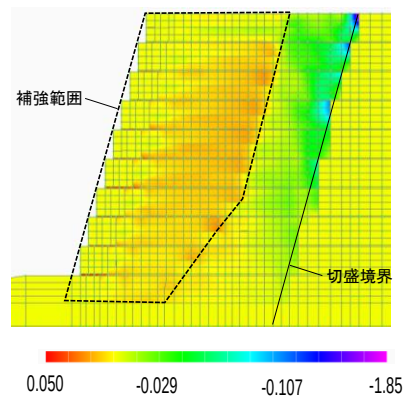


図 4 20 秒後のせん断ひずみ分布図

4. 謝 辞

本研究は、昭和機械商事株式会社からの受託研究として実施した。同社に記して謝意を表する。

発 表 論 文

関健宏，橋本涼太，肥後陽介，北村昭洋，加藤亮輔，木村亮：円筒金網とチェーンを用いた補強盛土のモデル化と地震時挙動解析，第 70 回土木学会年次学術講演会，岡山，2015 年 9 月（発表予定）。

参 考 文 献

- 1) 液状化解析法 LIQCA 開発グループ (2013) : LIQCA2D13・LIQCA3D13 (2013 年公開版)。